

# Uma Sugestão de Atividade Experimental:

## A Velha Vela em Questão



**Maria do Carmo Galiuzzi, Fábio Peres Gonçalves, Bianca H. Seyffert, Elisa Lotici Hennig e Juliana Carriconde Hernandes**

Neste artigo, propõe-se a realização de uma atividade experimental na perspectiva sociocultural, em que os experimentos são considerados ferramentas ou artefatos culturais para a apropriação do discurso químico pelos estudantes. A aula proposta é desenvolvida usando-se alguns artefatos culturais (o questionário, a tabela, os experimentos, o diálogo, a escrita, os textos teóricos) com o objetivo de problematizar os conhecimentos dos estudantes sobre o fenômeno da combustão.

► atividades experimentais, abordagem sociocultural, educar pela pesquisa, diálogo argumentativo ◀

Recebido em 30/4/04; aceito em 11/3/05

**E**m pesquisa anterior, mapeamos algumas características de atividades experimentais marcantes segundo estudantes de Química. Foram elas: a) a inserção da atividade experimental em um contexto mais amplo que o conteúdo disciplinar; b) a necessidade de superar visões empiristas da experimentação, vista como simples possibilidade de teorização a partir da prática; c) a importância do diálogo oral e escrito permeando a explicitação do conhecimento do grupo, a construção de argumentos e a validação desses argumentos, contribuindo para o enriquecimento das teorias dos participantes sobre o fenômeno em estudo e d) a surpresa dos resultados como modo de confrontar os diversos argumentos dados para justificar os resultados observados (Galiuzzi e Gonçalves, 2004).

Considerando essas características, temos planejado e desenvolvido, em cursos de graduação em Química, atividades experimentais em uma

abordagem sociocultural<sup>1</sup> e, neste texto, sugerimos uma das que desenvolvemos, sobre o tradicional experimento da vela.

### A proposta de atividade em aula

As reações de combustão, embora presentes na nossa vida, são pouco compreendidas em seus aspectos químicos (Anderson, 1983 e 1990). Schnetzler *et al.* (2000) apontam algumas das dificuldades de compreensão desse fenômeno, entre as quais destacamos o não reconhecimento do oxigênio como um dos reagentes, possivelmente por ser um gás invisível, aparentemente sem massa, e o entendimento equivocado da combustão como uma característica intrínseca de uma substância, não como uma reação entre um combustível e um comburente.

**As reações de combustão são pouco compreendidas em seus aspectos químicos. Dificuldades de compreensão desse fenômeno são o não reconhecimento do oxigênio como um dos reagentes e o entendimento equivocado da combustão como uma característica intrínseca de uma substância, não como uma reação entre um combustível e um comburente**

inclusive nos livros didáticos, as causas da extinção de uma chama no experimento da vela têm sido atribuídas ao término total do oxigênio e

as razões para explicá-la continuam apresentando equívocos.

Birk e Lawson (1999) apresentaram um conjunto de argumentos teóricos e empíricos sobre o conhecido experimento da vela, argumentando que, ao apagar a vela, o oxigênio não é consumido totalmente. O equacionamento químico da combustão da vela e o relato do mesmo experimento em que um rato vivo foi colocado no mesmo recipiente da vela e permaneceu vivo enquanto a chama da vela apagou são alguns dos aspectos elucidativos daquele trabalho. A atividade que está sendo sugerida neste artigo foi desenvolvida especialmente a partir dos argumentos apresentados por esses autores.

O primeiro momento da atividade corresponde ao questionamento para a explicitação do conhecimento de cada um dos participantes do grupo. Para isso, sugerimos que a aula comece com a aplicação do questionário inicial, a ser respondido individualmente e por escrito.

### Questionário inicial para explicitação do conhecimento

Suponha que um copo seja emborcado sobre uma vela acesa fixada em um recipiente contendo água. A partir do que ocorre, responda as

questões a seguir.

1. O que aconteceu com a cera da vela?
2. O que aconteceu com o ar do recipiente?
3. Do que era feita a chama da vela?
4. Por que a vela apaga?
5. Por que, ao apagar a vela, o nível de água sobe dentro do copo?

No momento seguinte sugerimos que se proceda à análise das respostas dos alunos, com a busca de uma classificação e síntese das respostas. Isto pode ser feito no grande grupo ou em pequenos grupos. Nas nossas aulas, temos usado como categorias de análise as explicações dadas para o fenômeno de combustão como explicitadas em Andersson (1990) e Rosa e Schnetzler (1998) e das quais fazemos uma breve síntese a seguir.

*Desaparecimento* – Quando o estudante se refere a alguma substância ter desaparecido na reação química, como pode ser exemplificado pela resposta dada para explicar porque entra água no copo que está a seguir: “o líquido ocupa o lugar do oxigênio”.

*Modificação* – Quando o estudante se refere à reação química como uma mudança de estado físico, como exemplificamos os relatos que explicam o papel da cera na reação de combustão: “parou de derreter”, “ela fundiu e algumas partículas evaporaram, e outras se solidificaram novamente”, “por aquecimento, a parafina começa a mudar de estado físico, aumentando a distância entre as moléculas e derretendo a cera”.

*Interação parcial* – Quando a explicação do fenômeno fica restrita às substâncias ou à energia. Por exemplo, quando foi perguntado do que era a chama da vela, tivemos como resposta: “energia”, “energia térmica e energia luminosa”, não tendo referência às substâncias também presentes na chama.

*Interação* – Quando a compreensão sobre a reação química está completa e adequada, contemplando a interação entre reagentes e energia para produzir como resultado outras substâncias e energia.

A classificação das respostas dos alunos pode ser feita em pequenos

grupos e cada um desses grupos pode fazer uma síntese das suas idéias e conclusões, a serem posteriormente discutidas por todos na sala de aula. Pode também ser apresentada a síntese de uma análise das respostas dadas por estudantes em anos anteriores, como se tem feito em nossas aulas e está mostrada na Tabela 1.

A análise das respostas dos estudantes ao questionário tem sido feita procurando mostrar os equívocos na compreensão do fenômeno. Por exemplo, considerando o quadro de respostas, na primeira questão um número expressivo de respostas apontam para um entendimento de que a cera não participa da reação química. Os questionamentos dos estudantes durante as aulas referendam essas respostas, pois em mais de uma turma em que a atividade foi desenvolvida aparece a idéia de que a cera é apenas suporte para o pavio e não um dos reagentes (nessas ocasiões, fazemos uma vela durante a aula, queimando inicialmente apenas o pavio, depois molhando o pavio na cera derretida antes de acendê-lo e discutindo os argumentos apresentados pelos alunos).

A análise da segunda e da terceira questões permite problematizar o entendimento de que a causa para a extinção da chama é o consumo total do oxigênio, resposta muito frequente nos questionários, como também possibilita discutir sobre a produção de energia na reação exotérmica, a energia de ativação necessária para acender a vela e a energia necessária para manter a vela acesa.

Novamente as respostas dadas à quarta e quinta questões mostram o entendimento parcial da reação química da combustão, uma vez que, em um número expressivo de respostas, o desaparecimento do oxigênio du-

rante a combustão é recorrente.

Alguns diálogos com os estudantes têm sido interessantes, como os que possibilitam discutir o equacionamento químico da reação a partir da suposição da composição da cera ser  $C_{25}H_{52}$ . A reação em quantidades estequiométricas necessitaria de 38 mols de oxigênio e produziria 25 mols de gás carbônico e 26 mols de água, ou seja, se produziria gás em maior volume do que o ocupado pelo oxigênio, caso este fosse todo consumido. A condensação rápida da água e a dissolução do gás carbônico em água possibilitam trazer outros aspectos para a discussão, que problematizam a explicação simples de que a água ocupou o volume deixado pelo oxigênio consumido (Birk e Lawson, 1999).

A análise das respostas ao questionário tem gerado sempre um conjunto de questionamentos dos estudantes e, com o objetivo de tornar mais complexo o conhecimento do grupo, executam-se alguns experimentos que descrevemos a seguir. Nas aulas em que fazemos essa atividade, os experimentos têm sido desenvolvidos pelo próprio professor. Ao ir fazendo os experimentos, sugerimos prosseguir com a conversa desorganizada (Wells, 1999) sobre o fenômeno enquanto se aguarda alguma transformação observável nos experimentos. Os resultados dos experimentos selecionados têm possibilitado contrastar as expectativas dos alunos, pois, muitas vezes, vão de encontro a algumas de suas teorias, e esse aspecto favorece a problematização de teorias do grupo, contribuindo assim para tornar o conhecimento químico dos estudantes mais complexo.

O primeiro dos experimentos é o descrito no questionário, em que os alunos emborcam um copo sobre uma vela acesa em um recipiente com água. Na seqüência dos diálogos acerca desse experimento, realizamos outros três experimentos. Um deles é o “experimento da vela sem a vela” (Krnell e Glazar, 2001), em que se aquece a parte superior de um recipiente alto com a chama da vela, bico de Bunsen ou lamparina até que

Tabela 1. Respostas ao questionário categorizadas por questão.

Categoria	Questão				
	1	2	3	4	5
Desaparecimento	-	39	-	64	62
Modificação	64	3	-	-	-
Interação parcial	14	41	74	14	3
Interação	-	-	-	-	2

a água condensada nas paredes evapora e então se emborça novamente esse recipiente sobre um prato com água. Com o passar do tempo, observa-se o deslocamento da água para dentro do copo, o que problematiza a justificativa geralmente dada para a extinção da chama no experimento anterior (o consumo total de oxigênio), uma vez que o mesmo efeito – a entrada de água no copo – é observado por outra causa: a contração do volume do ar resfriado pelo contato com o vidro (vide Figura 1).

Outra possibilidade de problematizar o conhecimento inicial e favorecer a construção de argumentos coerentes com o discurso químico aceito é o experimento da oxidação do ferro embebido em vinagre (Braathen, 2000). Nessa atividade, embebe-se aproximadamente 0,5 g de uma bucha de palha de aço em vinagre (puro ou diluído com água na proporção de 1:1) durante cerca de 1 minuto. Após isto, a palha de aço é sacudida para eliminar a maior parte do vinagre e, então, a bucha é colocada no fundo de um tubo de ensaio, que, por sua vez, é emborcado em um béquer contendo água. Após aproximadamente 20 minutos, surgem evidências do consumo de oxigênio pela oxidação da palha de aço e, conseqüentemente, a água entra no tubo de ensaio, neste caso em razão da reação do



Figura 1: Montagem para discussão sobre contração do volume de ar por diminuição da temperatura.

oxigênio com o ferro produzindo óxido de ferro (vide Figura 2).

Após a discussão dos experimentos, para novamente problematizar as teorias pessoais dos alunos e, ao mesmo tempo, perceber as dificuldades e aprendizagens, retorna-se ao experimento da vela, alterando, por exemplo, o recipiente emborcado e colocando um funil (vide Figura 3). Novamente a atividade experimental inicia pelo questionamento, em que podem ser questões a serem discutidas as que seguem: Se o recipiente estiver aberto vai apagar a vela? Por que a chama da vela é amarela? Se a chama é só energia (como aparece nos questionários), o que é a fuligem?

As respostas dos alunos geralmente evidenciam outras lacunas de entendimento do fenômeno e permitem continuar o diálogo em sala de aula que problematiza o conhecimen-

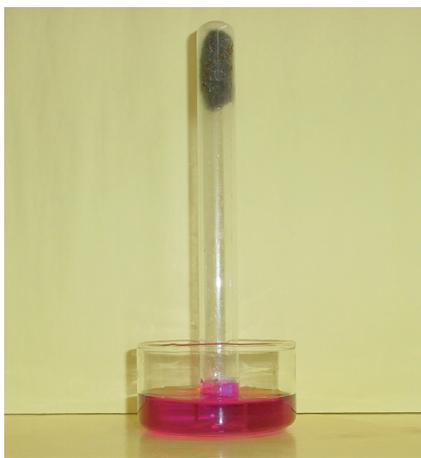


Figura 2: Montagem para discussão sobre contração do volume de ar por transformação do  $O_2$  gasoso em óxido.



Figura 3: Montagem para discussão das condições de manutenção/extinção da chama (comburente e energia).

to simples acerca das reações de combustão.

Como finalização, sugere-se que os alunos produzam um texto individual ou coletivo que sintetize as justificativas para a extinção da chama, por exemplo, se o mesmo experimento fosse realizado com três velas acesas. Alguns instantes do fenômeno realizado posteriormente a essa previsão estão mostrados na Figura 4.

Nesta situação, novamente a previsão permite perceber o conhecimento dos estudantes. Alguns evidenciam pouca aprendizagem:

– *As três velas vão apagar quando terminar o material comburente.*

Outros que o conhecimento se tornou mais complexo:

– *As velas vão se apagar porque necessitam de energia e oxigênio para queimarem. Com a reação, a quantidade de oxigênio vai diminuindo e com isso vai produzindo menos energia. A energia liberada pela reação é absorvida pelas paredes do recipiente, o que diminui a energia no sistema, chegando a um determinado nível que a energia de ativação para manter a chama acesa não é alcançada e a chama apaga.*

– *O principal aspecto foi aprender que a água não entra no copo quando a vela apaga simplesmente porque o  $O_2$  é consumido e a água ocupa o espaço deixado. Como tudo se transforma, o oxigênio consumido se transforma em  $CO_2$ ,  $H_2O$  e energia.*

– *A chama é um reator químico em que há além da energia, reagentes e produtos. Com a diminuição do oxigênio no recipiente, diminui também a energia e quando não houver energia suficiente para manter a reação, a vela apaga.*

– *Uma coisa que mudou meu raciocínio foi sobre a composição da chama.*

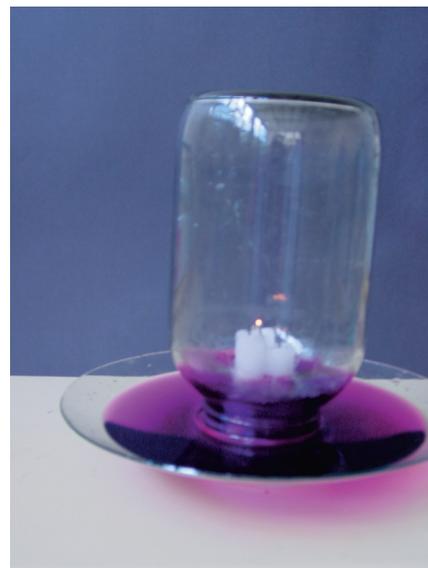


Figura 4: Montagem para discussão do fenômeno em relação à quantidade de  $O_2$ ; deslocamento de água e energia.

Com esta atividade temos pretendido problematizar e tornar mais complexos os conhecimentos dos alunos acerca da reação de combustão. Ao mesmo tempo, busca-se desenvolver atividades experimentais em uma abordagem sociocultural que tem na interlocução um de seus aportes significativos a ser incorporado nas atividades experimentais.

### Nota

1. Utiliza-se a expressão artefato cultural para se remeter aos instrumentos (culturais e técnicos) envolvidos na mediação.

**Maria do Carmo Galiazzi** (carmo@mikrus.com.br), doutora em Educação, é docente do Departamento de Química da Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

**Fábio Peres Gonçalves**, licenciado em Química – habilitação Ciências pela FURG, é mestre em Educação Científica e Tecnológica pela UFSC. **Bianca H. Seyffert**, engenheira química pela FURG, mestre em Catálise pela UFRGS, é doutoranda em Oceanografia na FURG. **Elisa Lotici Hennig**, bolsista de iniciação científica da FAPERGS, é aluna do curso de licenciatura em Química da FURG. **Juliana Carriconde Hernandez**, bolsista de iniciação científica do CNPq, é aluna do curso de licenciatura em Química da FURG.

### Referências bibliográficas

ANDERSSON, B. Pupil's explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, v. 70, p. 549-563, 1983.

\_\_\_\_\_. Pupil's conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, n. 18, p. 53-85, 1990.

BIRK, J.P. e LAWSON, E. The persistence of the candle-and-cylinder misconception. *Journal of Chemical Education*, v. 76, p. 914-916, 1999.

BRAATHEN, P.C. Desfazendo o mito da combustão da vela para medir o teor de oxigênio no ar. *Química Nova na Escola*, n. 12, p. 43-45, 2000.

GALIAZZI, M.C. e GONÇALVES, F.P. A natureza pedagógica da experimentação: Uma pesquisa na licenciatura em Química. *Química Nova*, v. 27, p. 326-331, 2004.

KRNEK, D. e GLAZAR, S. "Experiment

with a candle" without a candle. *Journal of Chemical Education*, v. 78, p. 914-915, 2001.

ROSA, M.I.F.P.S. e SCHNETZLER, R.P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 31-35, 1998.

WELLS, G. *Dialogic inquiry*. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1999.

SCHNETZLER, R.P.; ZANON, L.B.; SILVA, R.M.G.; ROSA, M.I.F.P.S.; ROSSETO, J.R. e MOTA, M.S.C. Modelo de ensino: Reações de combustão. Em: ARAGÃO, R.M.R.; SCHNETZLER, R.P. e CERRI, Y.L.N.S. (Orgs.). *Modelos de ensino: Corpo humano, células, reações de combustão*. Piracicaba: UNIMEP/CAPES/PROIN, 2000. p. 145-235.

### Para saber mais

GALIAZZI, M.C.; ROCHA, J.M.B.;

SCHMITZ, L.C.; SOUZA, M.L.; GIESTA, S. e GONÇALVES, F.P. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 7, p. 249-266, 2001.

GALIAZZI, M.C.; SEYFFERT, B.; D'ÓCA, M.; GODOY, M.; HENNIG, E.L.; HERNANDES, J.C. e GONÇALVES, F.P. O discurso dos estudantes sobre combustão: movimento dialógico necessário em uma atividade experimental. *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisadores no Ensino de Ciências*. Bauru, 2003. CD-Rom.

MORAES, R.; RAMOS, M.G. e GALIAZZI, M.C. A epistemologia do aprender no educar pela pesquisa em Ciências: Alguns pressupostos teóricos. Em: MORAES, R. e MANCUSO, R. *Educação em Ciências: Produção de currículos e formação de professores*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. p. 85-108.

**Abstract:** A Suggestion of Experimental Activity: The Old Candle in Question – In this paper, the realization of an experimental activity in the sociocultural perspective is proposed, thus considering the experiments as cultural tools or artifacts for the appropriation of chemical discourse by the students. The proposed class is developed using some cultural artifacts (the questionnaire, the table, the experiments, the dialogue, the writing, the theoretical texts) with the goal of problematizing the knowledge of the students about the combustion phenomenon.

**Keywords:** experimental activities, sociocultural approach, educating by investigation, argumentative dialogue